

京都大学工学部 正員 高埴琢馬 京都大学工学部 正員 椎葉充晴
中国電力(株) 正員○ 入江彰

1 はじめに 降雨場は、いくつかのスケールの雨域が集まった階層構造をなしている。降雨は本質的にはランダムな現象なので確率論的取り扱いが有効だが、実際の降雨場の特性を採り入れることが重要と考えられる。したがって、本研究では河川流域規模の洪水現象に大きく影響を与えるメソ- β -スケールの雨域とメソ- γ -スケールの雨域に着目して、降雨場を實現象に基づいて空間特性を再現し、時空間特性を調査して確率モデルのための諸量を求める。

2 座標系の導入 メソ- β -スケールの雨域を取り扱う際には、その雨域の持つ方向性にそって解析すれば、メソ- β -スケールの雨域の時空間特性を調査しモデル化するときにも、他のスケールとの雨域との相関関係を調査する時にも表現が容易になる。したがって、方向性を微係数が線形の1次有理式(式1)になる曲線を用いて、表現し、曲線に沿う方向と垂直な方向による座標系を求める。

$$\frac{dy}{dx} = \frac{\kappa_1 \cdot x + \kappa_2 \cdot y + \kappa_3}{\kappa_4 \cdot x + \kappa_5 \cdot y + \kappa_6}, \sum_{i=1}^6 \{\kappa_i\}^2 = 1, \kappa_6 > 0 \quad (1)$$

微係数が線形の1次有理式は対数螺旋や放物線などの複雑な形状の表現が可能で、垂直な方向も1次有理式で表現できる。ゆえに様々な形態の降雨での方向性を表現するのに適用できると考えられる。本研究では、台風性降雨データを用いたので、1次有理式を式2のような対数螺旋型の式に限定して座標系を求めた。結果を図1・2に示す。

$$\frac{dy}{dx} = \frac{k(y - y_0) + (x - x_0)}{k(x - x_0) - (y_0 - y)} \quad (2)$$

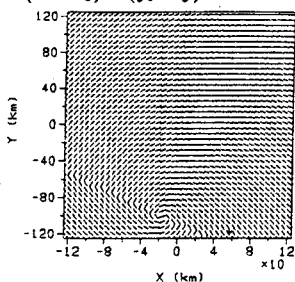


図1 近似したメソ- β -スケールの雨域の方向の図

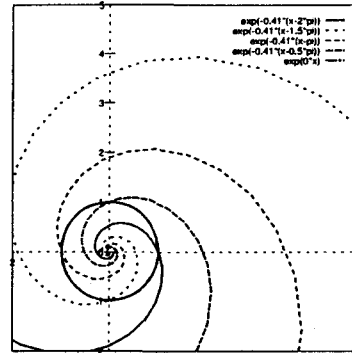


図2 螺旋型の座標系

3 メソ- β -スケールの雨域のモデル化 メソ- β -スケールの雨域の幅を雨域が乗っている対数螺旋を決定する角度幅で表現し、スペクトル解析により調査した結果、60°ぐらいがメソ- β -スケールの雨域の間隔として適当なことが分かった。これを利用して座標系と細線化処理を利用して、次のような手順でメソ- β -スケールの雨域を抽出、モデル化する。

1. 実際のメソ- β -スケールの雨域はいつも完全な帯状をしているわけではないので、雨域を大まかに抽出し、細線化処理を施して、枝除去などの後処理をして、メソ- β -スケールの雨域の中心線を求める。求めた中心線を図3に示す。
2. メソ- β -スケールの雨域の中心線にごとに、線を構成するメッシュが乗っている対数螺旋を求め、対数螺旋に沿った距離を平均して、中心の座標を求める。
3. 中心点から対数螺旋に沿って眼の方向と逆の方向に走査していったそれぞれの方向の端点を求め、2つの端点間の長さをメソ- β -スケールの雨域の長さ(b km)とする。
4. 中心点の座標と長さを利用し、メソ- β -スケールの雨域周辺の降雨強度を螺旋方向に沿った降雨強度は一定であると仮定して式

$$r = r_0 \cdot \{a^2(s, \Delta\theta_0) - t^2\}^m \quad (3)$$

r_0, m : 降雨分布を決定するパラメータ
 s : 雨域の方向性に沿った眼からの距離
 t : 雨域に垂直距離な眼からの距離
 $\Delta\theta_0$: 雨域の幅を決めるパラメータ
 $a(s, \Delta\theta_0)$: 中心線上の点 Q での幅
 b : 雨域の長さ

で表現できるとし $r_0, \Delta\theta_0, m$ を求めて降雨分布を再現する。

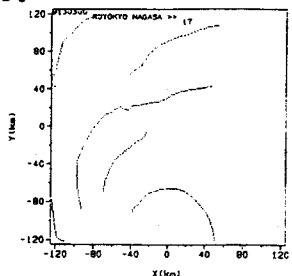


図3 メソーβスケールの雨域の中心線

4 降雨場の時間特性の調査 メソーβスケールの雨域の時間特性については、下層の降雨の分布図を観察して人間が代表点を指定し、点がどのように移動するかを調査して確率モデルに必要な量を抽出した。移動距離は、眼に近い方の端点(始点)の螺旋に沿った移動距離で求めた(図a)。回転移動については、メソーβスケールの雨域内の点と考えられるすべての点の回転移動の平均により求めた(図b)。移

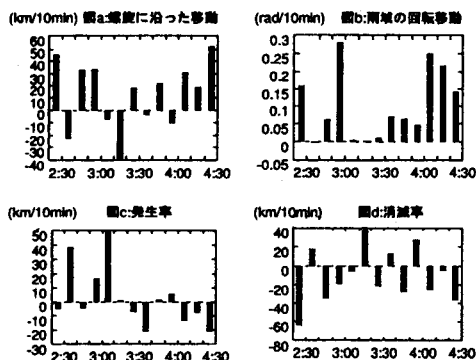


図4 メソーβスケールの雨域の時間特性

動距離は、眼に近い方の端点(始点)の螺旋に沿った移動距離として求めた(図a)。これは、メソーβスケールの雨域の内部で、始点、終点とは別にメソーβスケールの雨域の方向性に沿った眼の方向への動きに注目したからである。さらに、内部の移動を表

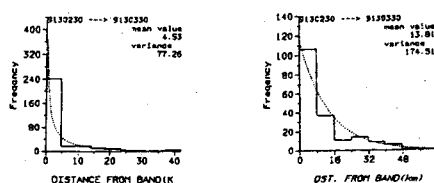


図5 Mb と Mg の距離の分布(右は発生時の Mg のみで調査)

すパラメータとして始点において雨域の消滅率、終点において雨域の発生率を定義して、その時間的変化を調査した(図c)(図d)。この調査により、メソーβスケールの雨域は、反時計まわりに回転しながら、螺旋に沿って眼から離れる方向に移動することがわかった。また内部の移動は始点・終点の移動よりも早く、終点では、一定時間において内部雨域が発生し、始点において、雨域が消滅しているような挙動を確認した。

メソーγスケールの雨域については、寿命、円錐でモデル化した時の半径について調査した結果、それぞれの分布は指数分布型、β分布型になった。また時間ステップ(10分)ごとの個々のメソーγスケールの雨域降雨強度の相関関係について調査したが相関関係は見られなかった。

また、メソーγスケールの雨域(Mg)とメソーβスケールの雨域(Mb)との相関関係について調査した項目と結果を示す。

調査項目	結果
Mb 内の Mg の個数の時間的変化	ほぼ一定
Mg の Mb からの距離の分布	指数分布(図5)
Mg 発生時の Mb からの距離の分布	一様分布
Mg 発生時の眼からの距離の分布	指数分布(図5)

5 おわりに 本研究では、細線化処理などの画像処理技術と座標系を利用して降雨場を2層に分離して降雨場の空間特性を再現し、2層の相関関係を含む降雨場の時間特性を調査した。今後の課題としては、時間ステップを短縮化するとともに調査対象時間を延長して求めた時間的変化量の分布特性を調査すること、さらにメソーγスケールの雨域の螺旋に沿った移動特性などを調査して確率的降雨モデルを完成させること、完成したモデルを評価することなどが挙げられる。